

4DH フォーラム 国際シンポジウム 10月20日（金） 東京

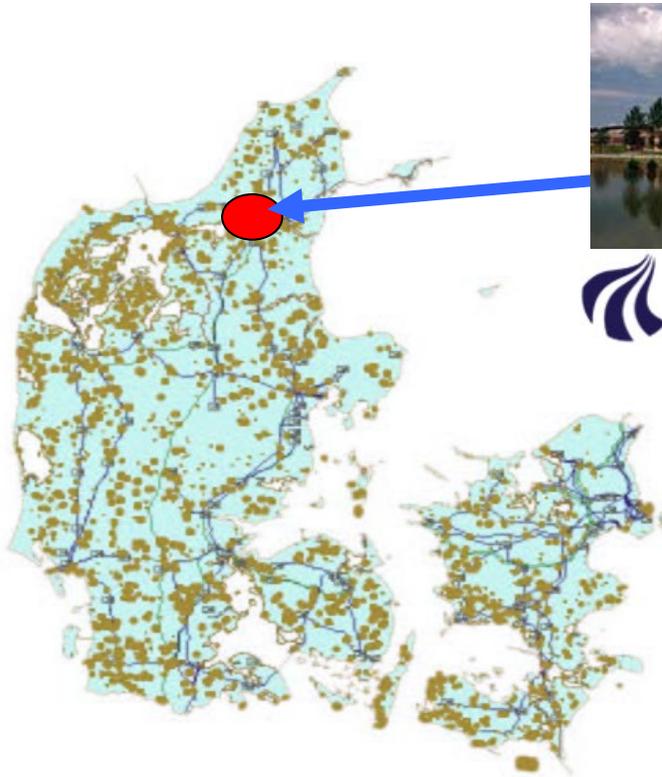


脱炭素社会に向けたスマートエネルギーシステムと4GDH

Professor Henrik Lund
Aalborg Universitet



Henrik Lund, オールボー大学, デンマーク



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

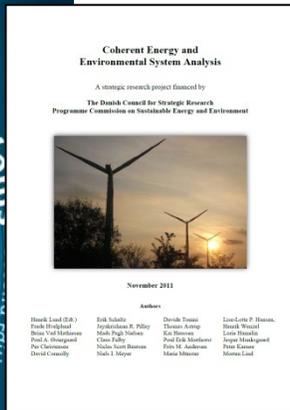
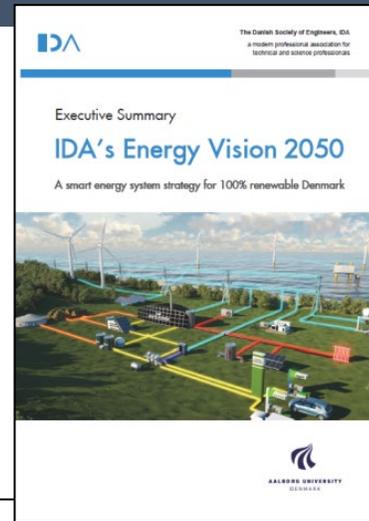
ユトランド/デンマーク(2022):

- 約50%の風力発電
- 世界における洋上発電の高いシェア
- 電力の30~50%をCHPで供給
- >地域熱供給は50%以上
- >天然ガス供給におけるバイオガスは30%



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

2050年までに100%再生可能エネルギーまたは気候ニュートラル経済を目指す.....しかし、どうやって.....?



エネルギーシステム分析モデル

EnergyPLAN
Advanced energy system analysis computer model

Home | Download | About | Contact | LinkedIn

Get Started | Training | FAQs | Case Studies | Forum | Theory | Other Tools

Energy City Frederikshavn – A 100% Renewable Energy Scenario for the Town of Frederikshavn

In this project, scenarios were developed for a transition of the Danish city Frederikshavn to become 100% fuelled by renewable energy sources. The project investigated the potential of locally available renewable energy sources, the possible technol...

Benefits

- Free of charge
- Access to a network of global users
- User-friendly and very fast for normal PC
- Detailed hourly analyses of a complete energy system
- Easy access to library of hourly data
- Long list of case studies from various countries
- Free online training, guides, and documentation

Book

Professor Henrik Lund
Renewable Energy Systems

Workshops

Read about upcoming EnergyPLAN workshops here.

[Download Model](#)

Download the latest version now and get started right away

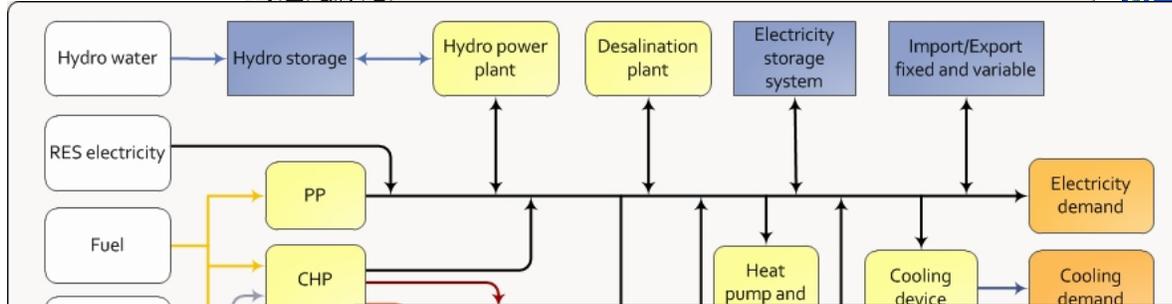
EnergyPLAN: DK2020Reference

File Edit Help

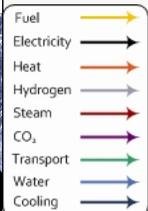
EnergyPLAN: Startdata

File Edit Help

| Frontpage | Demands | Capacities | Regulation | RES | Setup | Graphics | Fuel | Di |
|-----------------------------|---------------|------------|------------------------|------------|-------------|----------|------|----|
| Wind Power and PV Capacity: | | | Factor | Production | | | | |
| On-shore | 1000 | MW | 0 | 0.44 | TWh/year | Change | Hour | |
| Off-shore | 500 | MW | 0 | 1.04 | TWh/year | Change | Hour | |
| Ph. Voltaic: | 0 | MW | 0 | 0.00 | TWh/year | Change | Hour | |
| TWh/year | Solar Thermal | | Industrial CHP (CSHP): | DH prod | Electricity | | | |
| DH Gr.1: | 0 | | | 0 | 0 | | | |
| DH Gr.2: | 0 | | | 0 | 0 | | | |
| DH Gr.3: | 0 | | | 0 | 0 | | | |



www.EnergyPLAN.eu



- 1: Reducing wind production
- 2: Reducing CHP in gr 2 by replacing with boiler
- 3: Reducing CHP in gr 3 by replacing with boiler
- 4: Replacing boiler with electric heating in gr 2
- 5: Replacing boiler with electric heating in gr 3
- 6: Reducing photo voltaic production
- 7: Reducing power plant in combination with wind and photo voltaic production

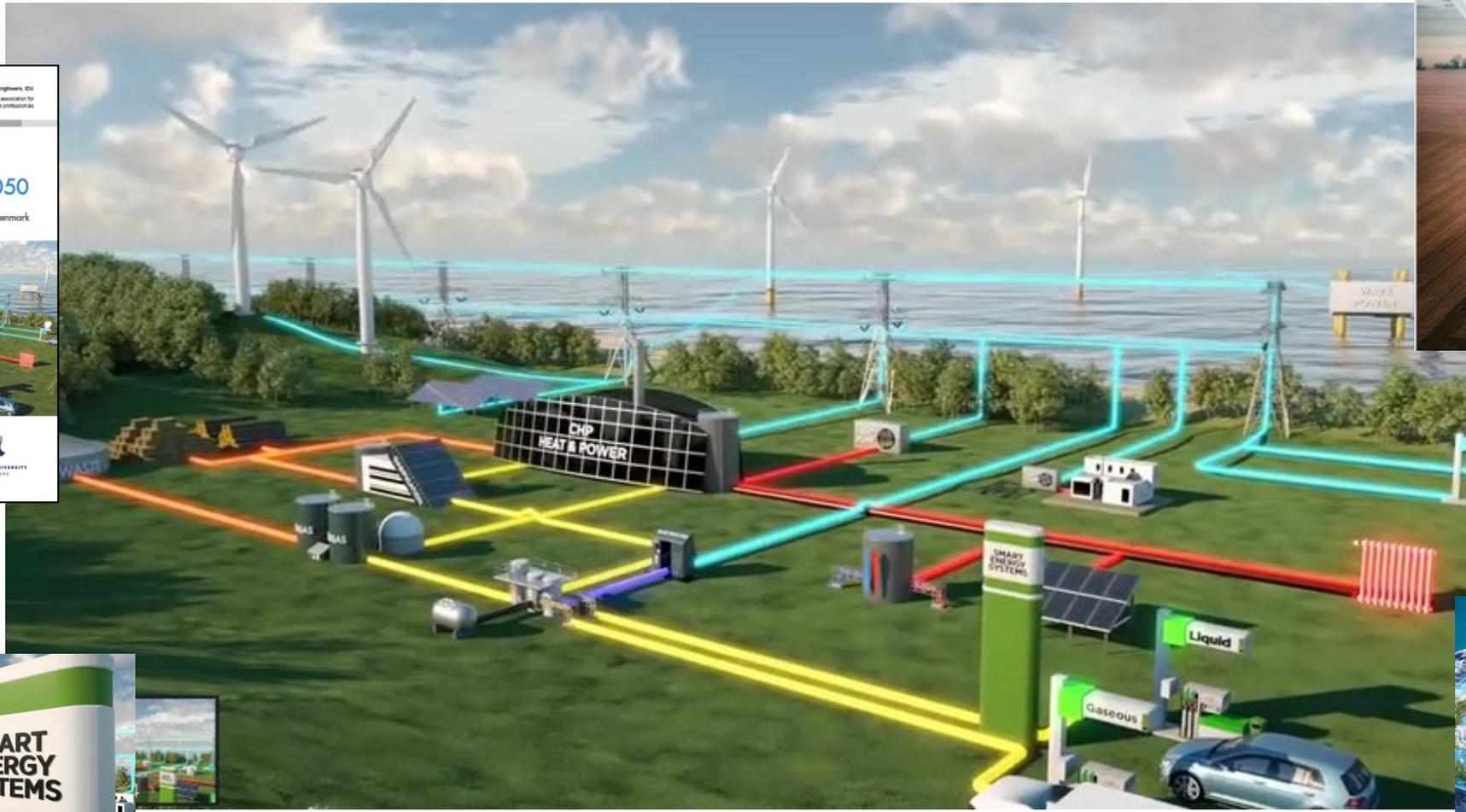
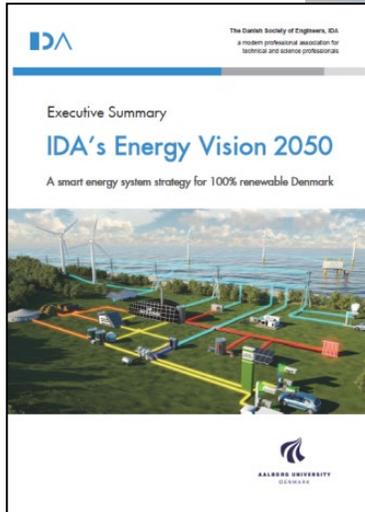
EnergyPLAN
Advanced Energy Systems Analysis Computer Model
Documentation Version 11.0

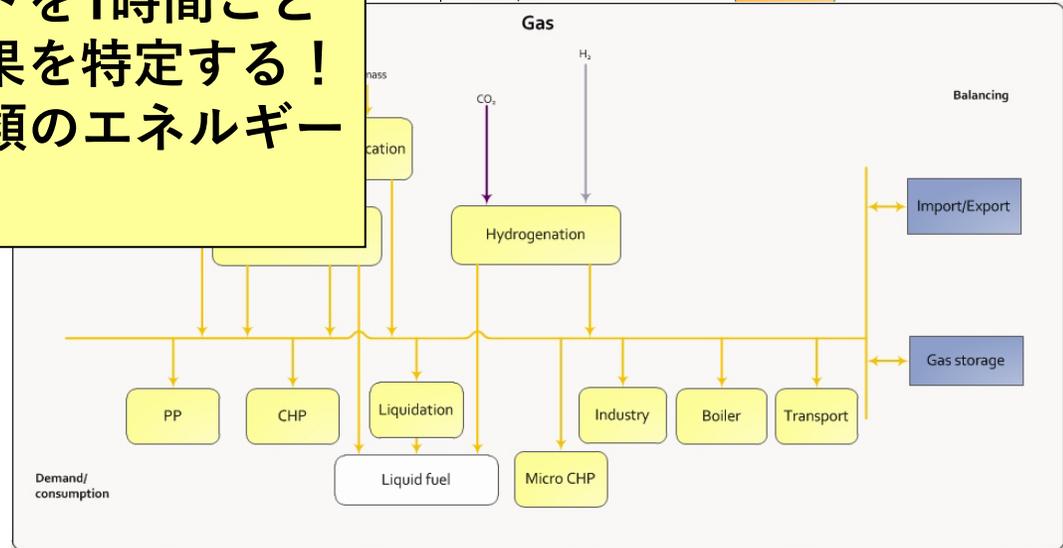
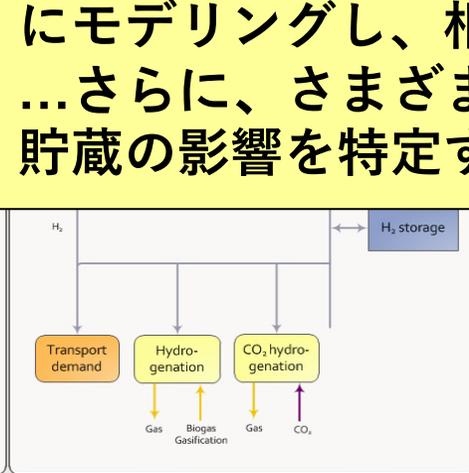
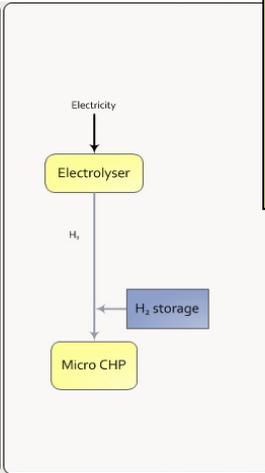
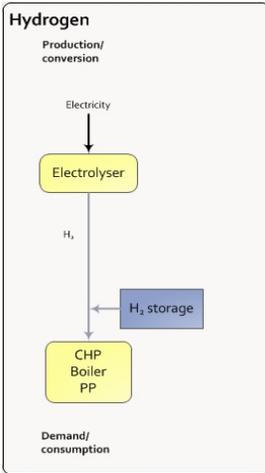
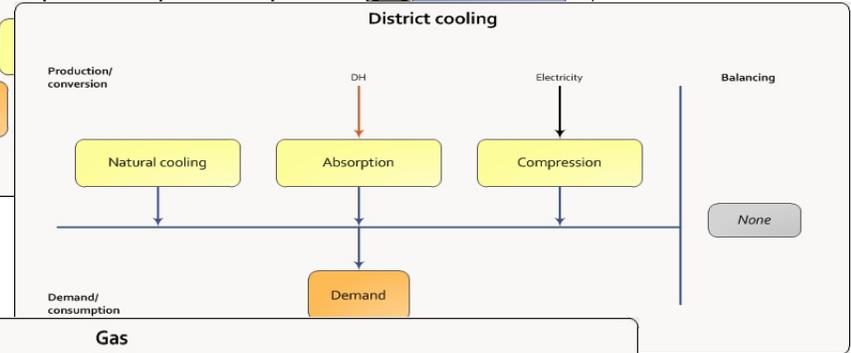
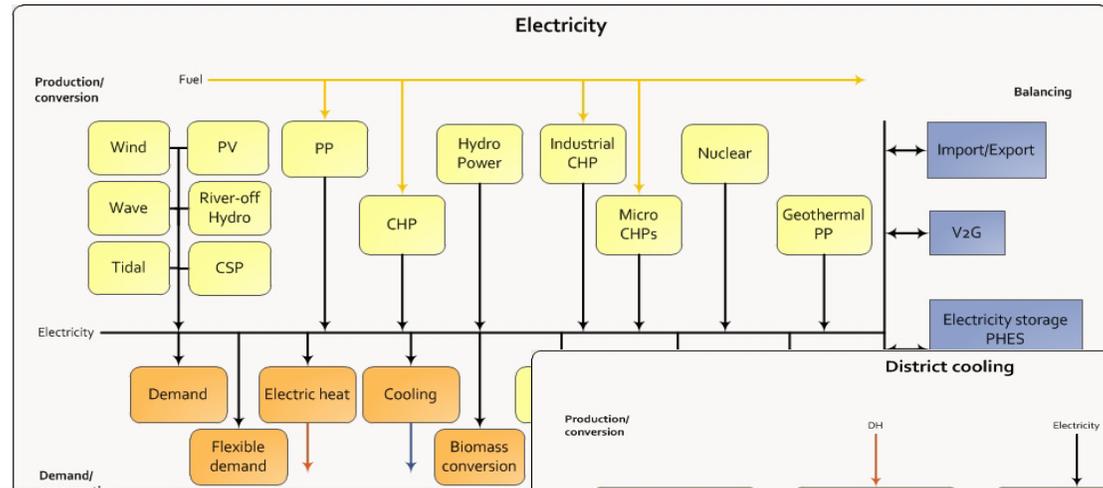
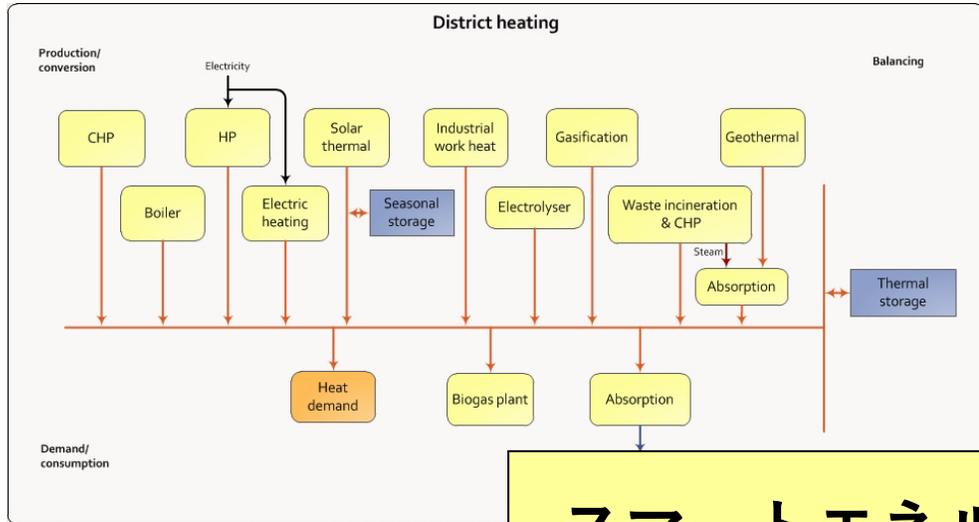
September 2013

Henrik Lund
Aalborg University
Denmark

Henrik Lund
Renewable Energy Systems
The Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions

包括的なスマートエネルギーシステムアプローチ



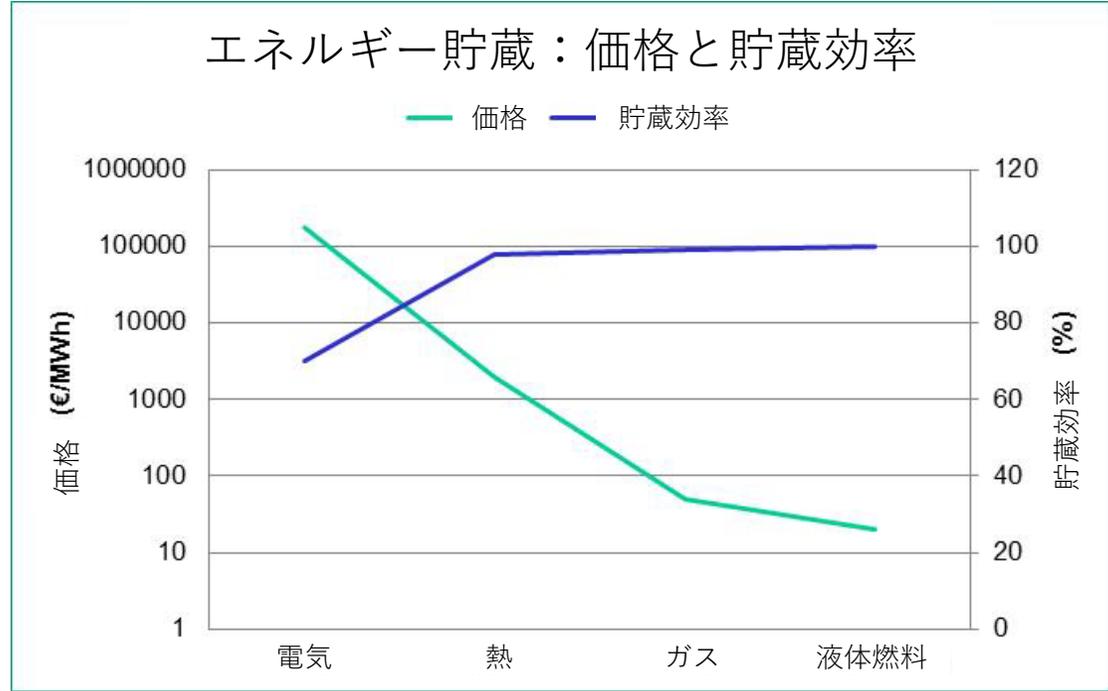


スマートエネルギーシステム：
すべてのスマートグリッドを1時間ごとにモデリングし、相乗効果を特定する！
...さらに、さまざまな種類のエネルギー貯蔵の影響を特定する！

エネルギー貯蔵



揚水発電
175 €/kWh
 (出典: Electricity Energy Storage Technology Options: A White Paper Primer on Applications, Costs, and Benefits. Electric Power Research Institute, 2010)



熱貯蔵
1-4 €/kWh
 (出典: Danish Technology Catalogue, 2012)



天然ガスの地下貯蔵
0.05 €/kWh
 (出典 Current State Of and Issues Concerning Underground Natural Gas Storage. Federal Energy Regulatory Commission, 2004)



石油タンク
0.02 €/kWh
 (出典: Dahl KH, Oil tanking Copenhagen A/S, 2013: Oil Storage Tank. 2013)

デンマークのエネルギー貯蔵容量(現状)

デンマークの石油貯蔵
~50 TWh



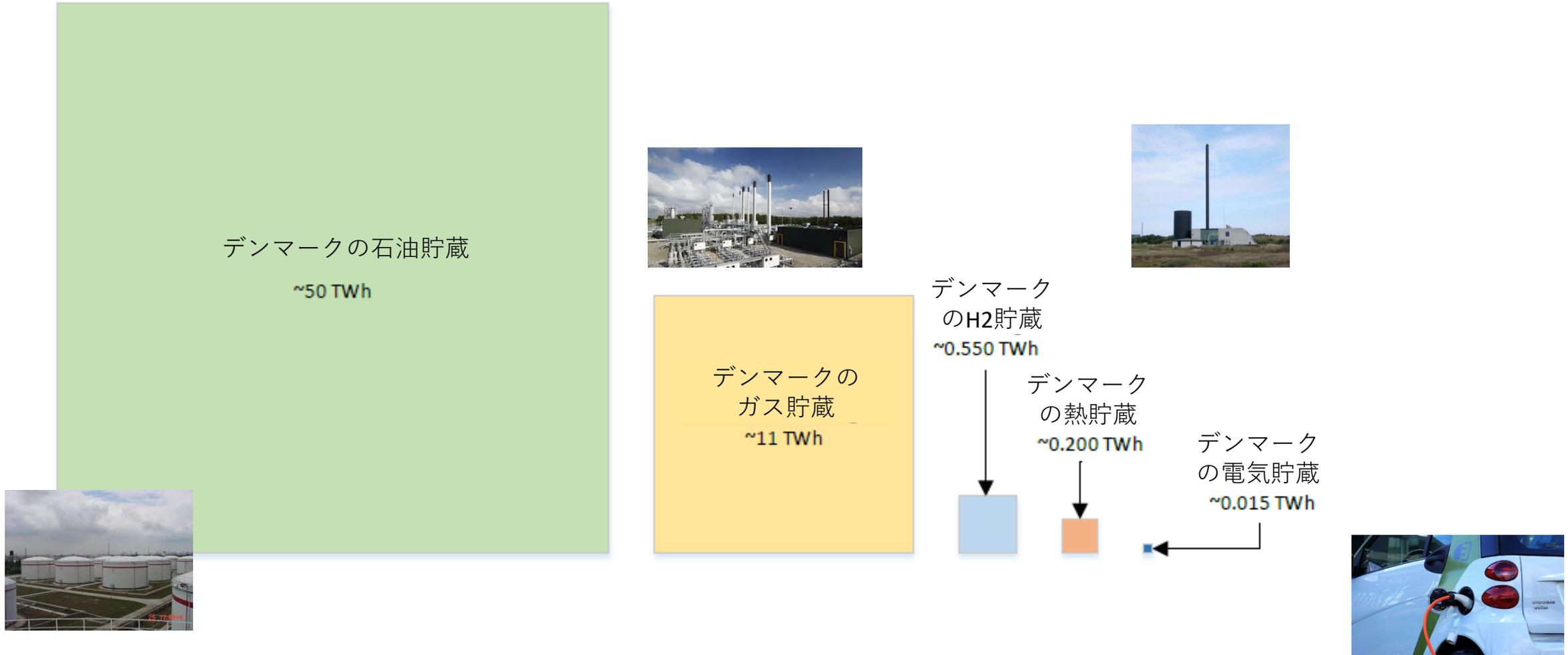
デンマークの
ガス貯蔵
~11 TWh



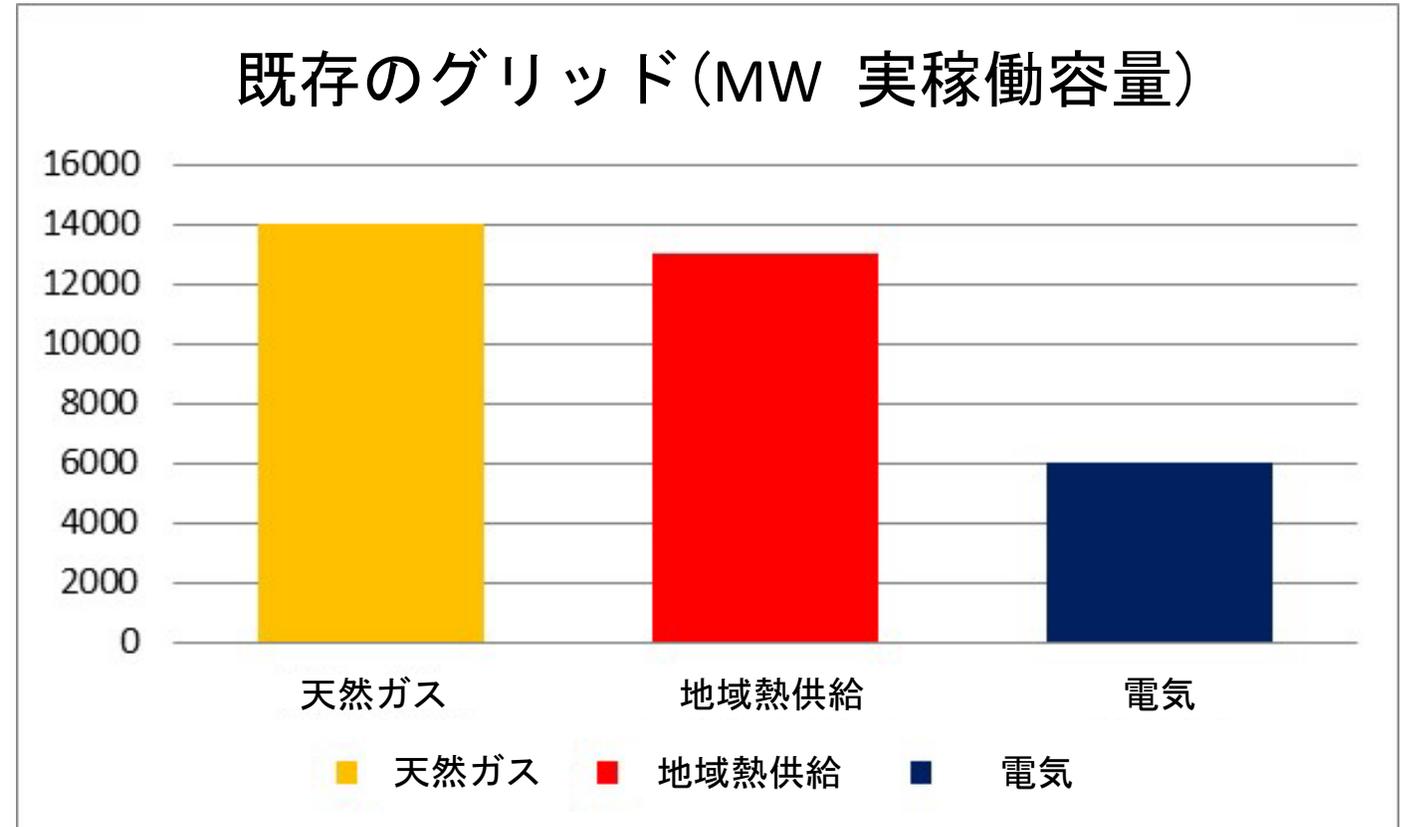
デンマークの
熱貯蔵
~0.090 TWh



2050年再エネ100%でのデンマークのエネルギー貯蔵容量



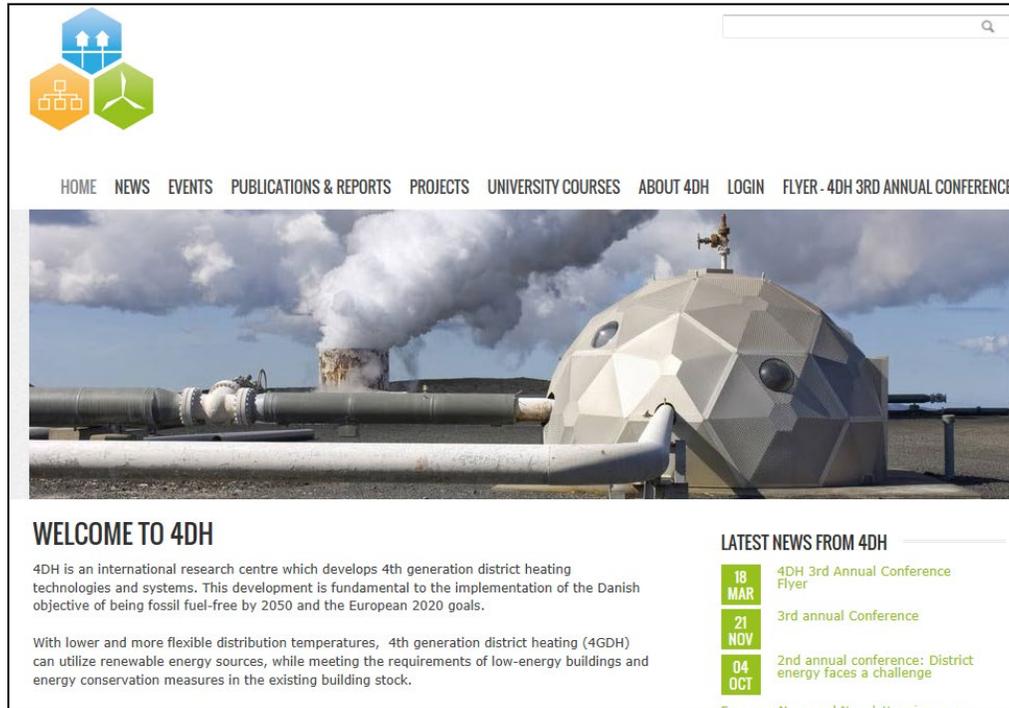
既存のグリッド(供給網)



www.4DH.dk

4DH

4th Generation District Heating
Technologies and Systems

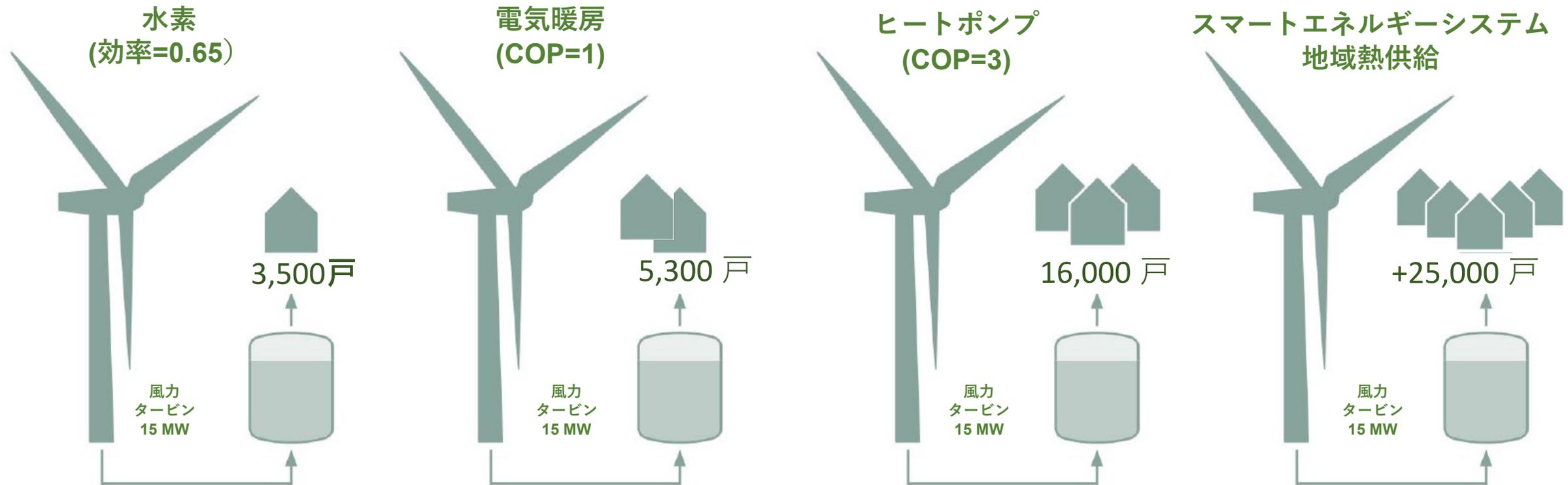


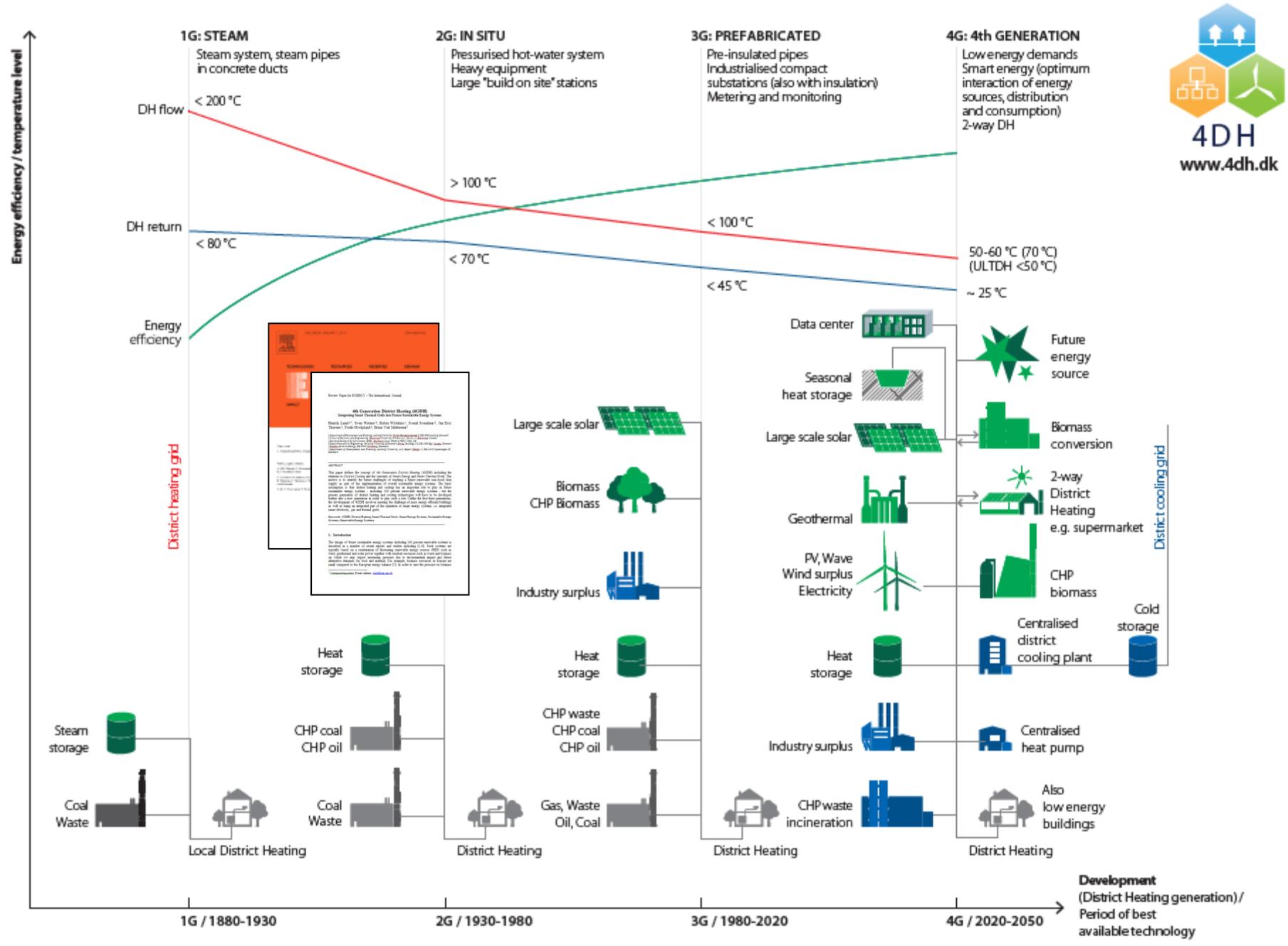
The screenshot shows the 4DH website homepage. At the top left is the 4DH logo, which consists of three stylized icons: a house, a wind turbine, and a leaf. Below the logo is a navigation menu with the following items: HOME, NEWS, EVENTS, PUBLICATIONS & REPORTS, PROJECTS, UNIVERSITY COURSES, ABOUT 4DH, LOGIN, and FLYER - 4DH 3RD ANNUAL CONFERENCE. The main image is a photograph of a large, white, geodesic dome structure, likely a district heating plant, with a tall chimney emitting white steam. Below the image, the text reads: "WELCOME TO 4DH" followed by a paragraph: "4DH is an international research centre which develops 4th generation district heating technologies and systems. This development is fundamental to the implementation of the Danish objective of being fossil fuel-free by 2050 and the European 2020 goals." To the right of this text is a "LATEST NEWS FROM 4DH" section with three entries: "18 MAR 4DH 3rd Annual Conference Flyer", "21 NOV 3rd annual Conference", and "04 OCT 2nd annual conference: District energy faces a challenge".



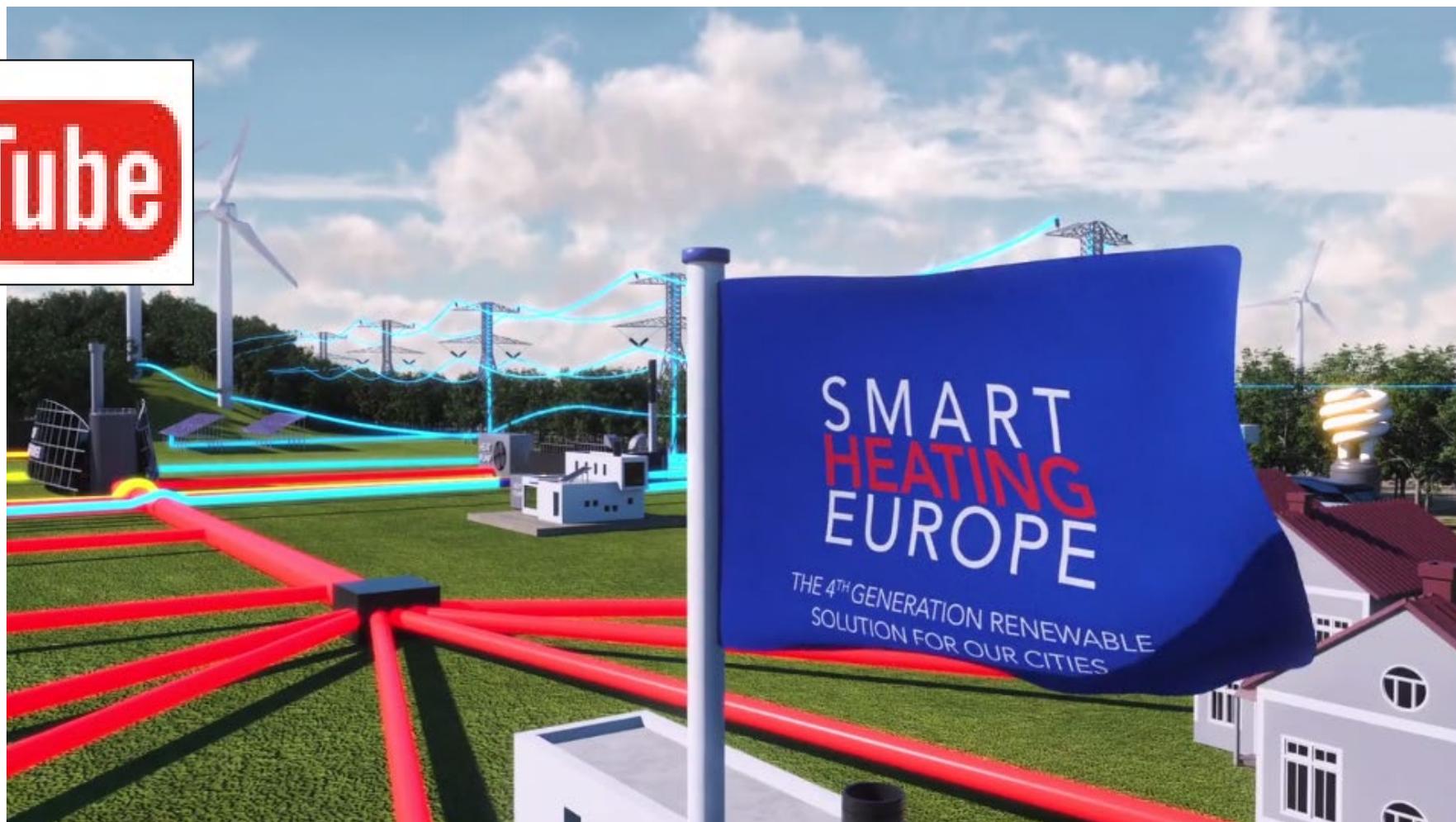
The infographic is titled "Appendix B: Project description" and "Strategic Research Centre for 4th Generation District Heating Technologies and Systems (4DH)". It features a map of Europe with arrows pointing to various university partners and private partners. The university partners listed are: AALBORG UNIVERSITET, DTU, SYDDANSK UNIVERSITET, Tsinghua University (China), CHALMERS, Linnæus University, and ANGLICANISKA ZAGREBU. The private partners listed are: RAMBOLL, COWI, NIRAS, EMD International A/S, PlanEnergy, Fjernvarmens Udviklingscenter, Dansk Fjernvarme, and EUROHEAT & POWER. The district heating companies listed are: VVS, FORSYNINGSVIRKSOMHEDERNE, KØBENHAVNS F, AFFALDVARME AARHUS, Ringkøbing-Skjern Kommune, VESTFORBRÆNDING, and Fjernvarme Fyn. The industrial partners listed are: LOGSTOR, Danfoss, and SPX. The dissemination partners listed are: Fjernvarmens Udviklingscenter, Dansk Fjernvarme, EUROHEAT & POWER, and CTR - Centralkommunernes Transmissionsnetværk I/S. The infographic also includes logos for THE DESMI GROUP and EBS ENGINEERING A/S.

住宅への熱供給用の水素..???





スマート ヒーティング ヨーロッパ



熱ロードマップ・ヨーロッパ

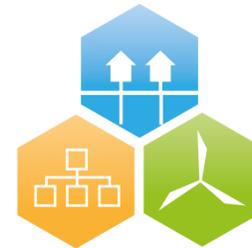


Heat Roadmap Europe 2050

GIS Mapping: Many Heat Sources

- Urban areas (Heating Demands)
- Power and Heat Generation
- Waste Management
- Industrial waste heat potential
- Geothermal heat
- Solar Thermal
- the study indicates that the **market shares for district heating for buildings can be increased to 30% in 2030 and 50% in 2050.**

Logos: EUROHEAT & POWER, AALBORG UNIVERSITY DENMARK, ECOFYS, PlanEnergi



4DH
4th Generation District Heating
Technologies and Systems



HEAT ROADMAP EUROPE 2050
FIRST PRE-STUDY FOR THE EU27

HEAT ROADMAP EUROPE 2050
SECOND PRE-STUDY FOR THE EU27

By

- Aalborg University
David Connolly
Brian Vaa Mathiesen
Poul Alberg Østergaard
Brend Møller
Steffen Nielsen
Henrik Lund
- Halmstad University
Urban Persson
Daniel Nilsson
Sven Werner
- PlanEnergi
Daniel Trier

For

EUROHEAT & POWER

For

EUROHEAT & POWER

For

EUROHEAT & POWER

By

- Aalborg University
David Connolly
Brian Vaa Mathiesen
Poul Alberg Østergaard
Brend Møller
Steffen Nielsen
Henrik Lund
- Halmstad University
Urban Persson
Sven Werner
- Ecofys Germany GmbH
Jan Gröninger
Thomas Boermans
Michelle Bosquet
- PlanEnergi
Daniel Trier

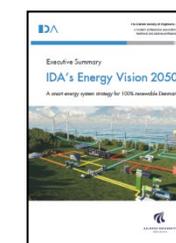
Logos: ECOHEAT & POWER, AALBORG UNIVERSITY DENMARK, ECOFYS, PlanEnergi, HÖGSKOLAN HALMSTAD

IDAの提言：気候変動に関する欧州での状況

デンマークは再生可能エネルギーと二酸化炭素削減という目標を何らかの形で達成すべきであり、欧州の他の地域が同様に取り組んでいくという状況にも合致している。

したがって：

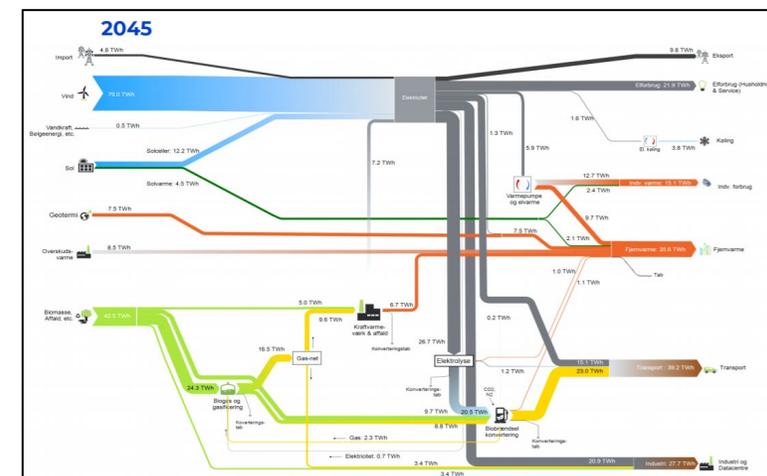
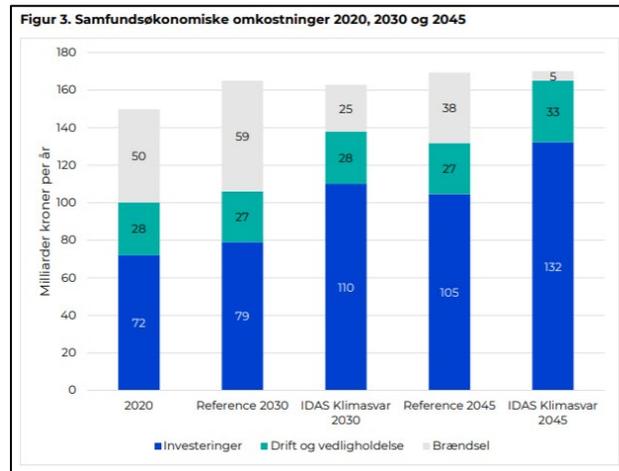
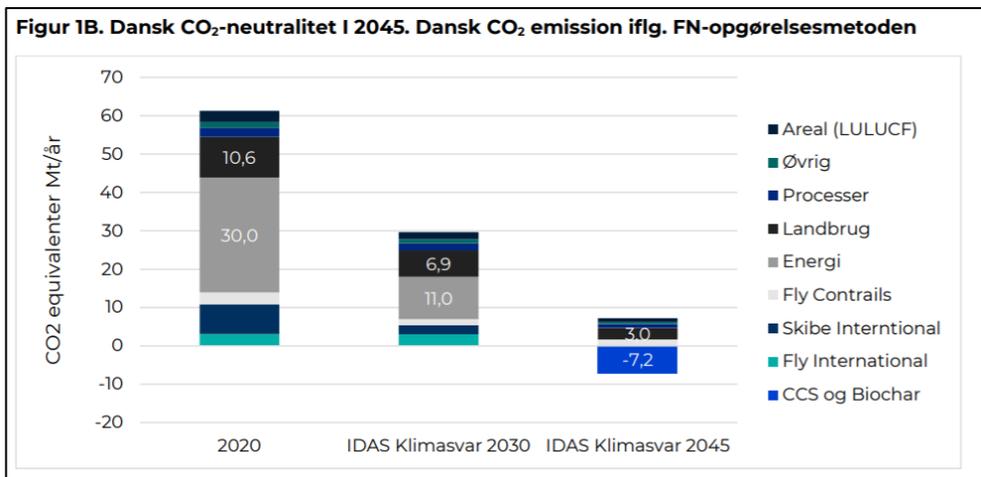
- 国連による国ごとのCO2排出量の計算方法にはまだ含まれていないが、デンマークは国際航空と国際海運のシェアを含めるべきである。
- デンマークは、世界におけるバイオマスの持続可能な利用のシェアを超えないようにすべきである。
- デンマークは、欧州の電力供給に風力と太陽光を組み込むために、柔軟性と予備能力の面で貢献すべきである。



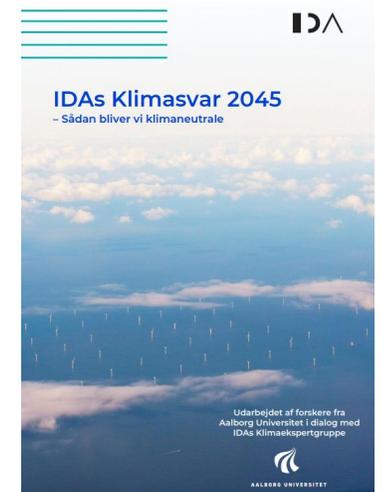
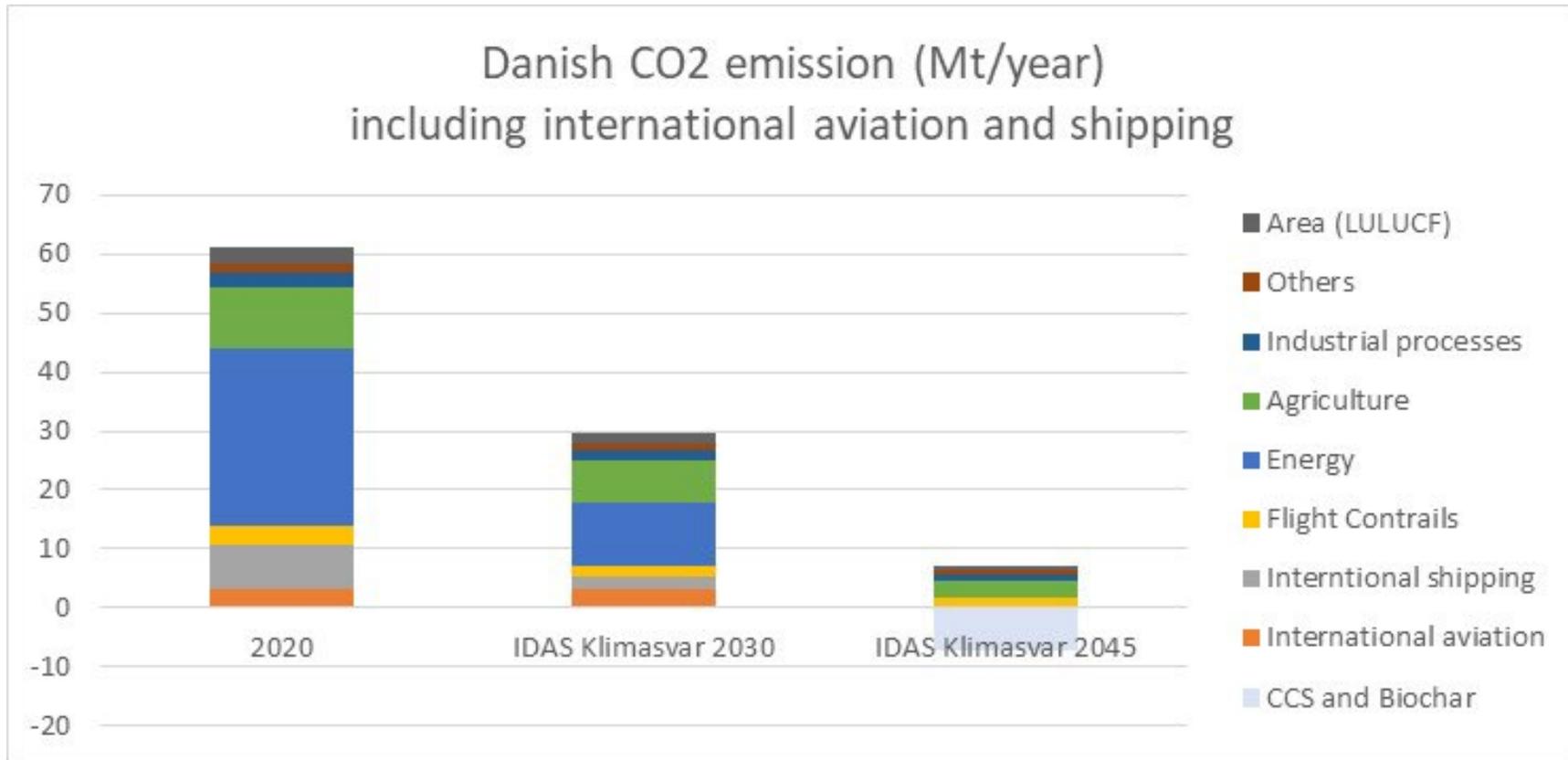
IDAの気候変動への提言 2024

デンマークが気候中立になる方法

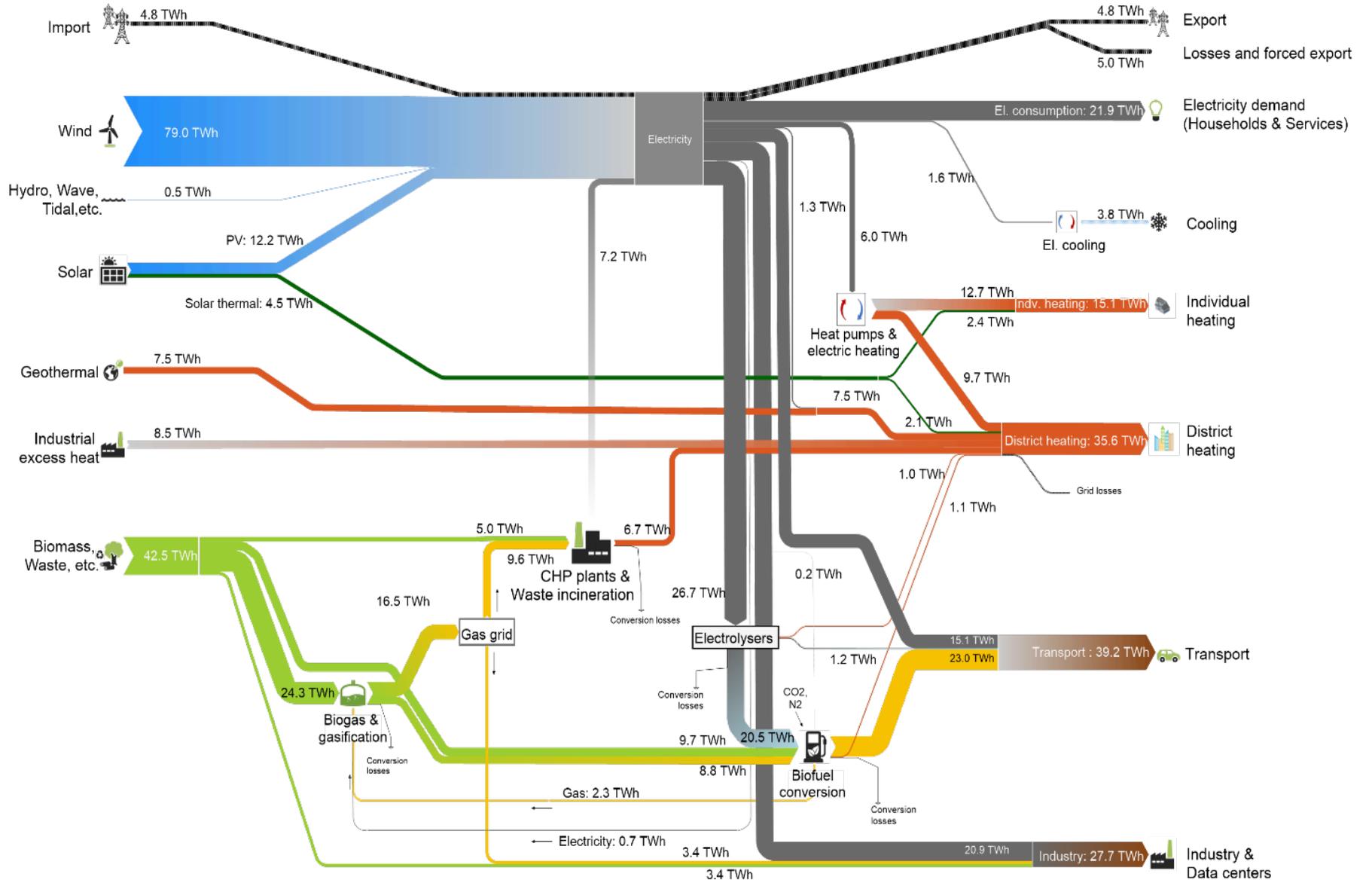
- 国際航空・海運におけるデンマークのシェアを含める
- 世界の持続可能なバイオマス資源に占めるデンマークの割合の範囲内
- 2050年の気候中立目標を2045年には達成する
- 農業、LULUCF、プロセスにおける活動と協調する



完全に脱炭素化したデンマーク(シナリオ) 2045



2045

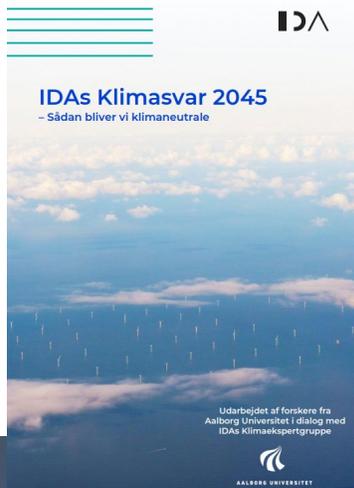
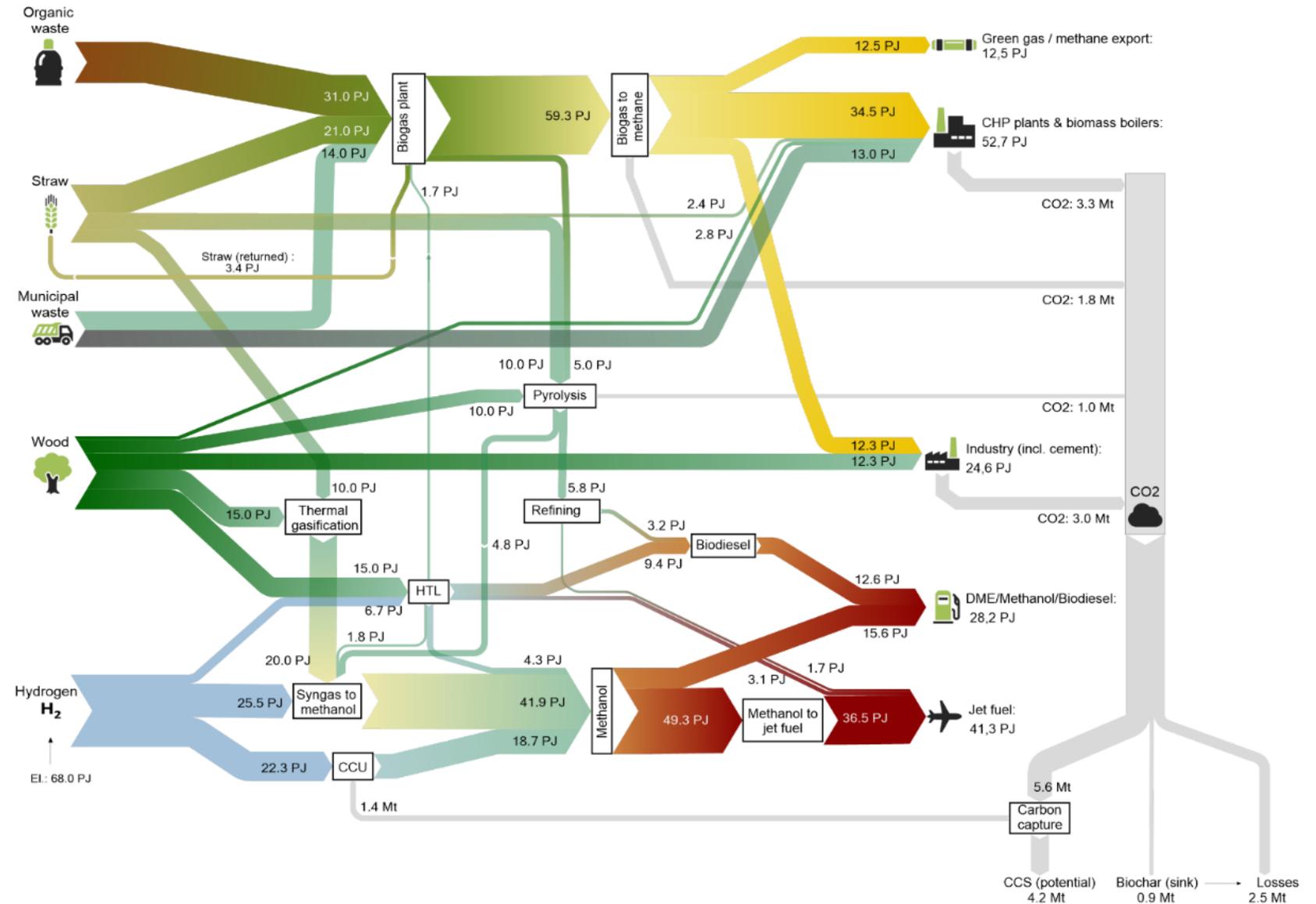


バイオマス シナリオ

2045

概要:

(153 PJ minus
eksport 13 PJ =
140 PJ svarende
til 23 GJ/capita)





VARMEPLAN DANMARK 2021 En Klimaneutral Varmeforsyning



ヒートプラン・デンマーク2021



Varmeplan Danmark 2021

Brian Vad Mathiesen, Henrik Lund, Steffen Nielsen, Peter Sorknæs, Diana Carolina Moreno Saltos og Jakob Z. Thellufsen

Aalborg Universitet



AALBORG UNIVERSITET

なぜ熱プラン・デンマーク2021なのか？

熱セクターはどのように政策目標に貢献することができるのか？

- 2030年までに温室効果ガスを70%削減
- 2050年にデンマークを気候ニュートラルにする

主な問い：

- 熱の省エネと熱供給のバランスは？
- 地域熱供給を導入すべき地域はどこで、個別熱供給を導入すべき地域はどこか。
- 個別熱供給とする判断は何に基づくべきか。
- どの熱源から地域熱供給がされるべきか。
- 革新的な挑戦とは？
例) 第4世代地域熱供給、スマートメーター、デジタル化、Power2X、データセンター、地熱など
- エネルギー供給全体の柔軟性という点で、熱セクターはどのように貢献するのがベストか？



VARMEPLAN DANMARK 2021 En Klimaneutral Varmeforsyning



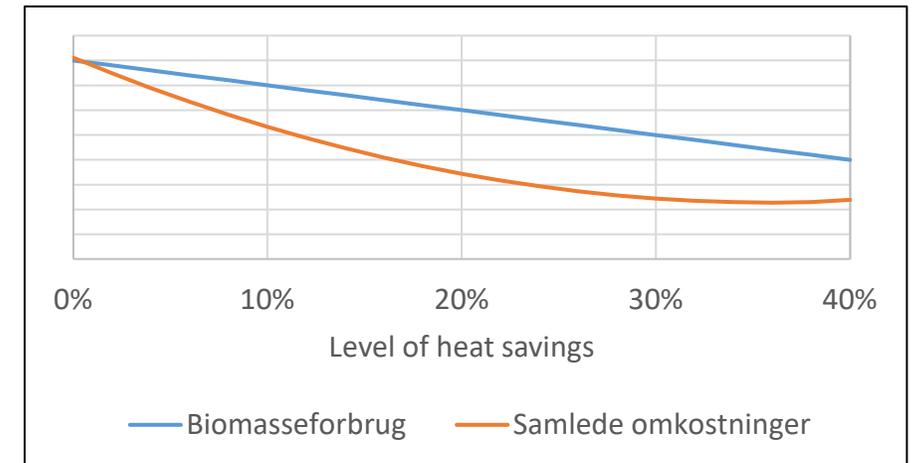
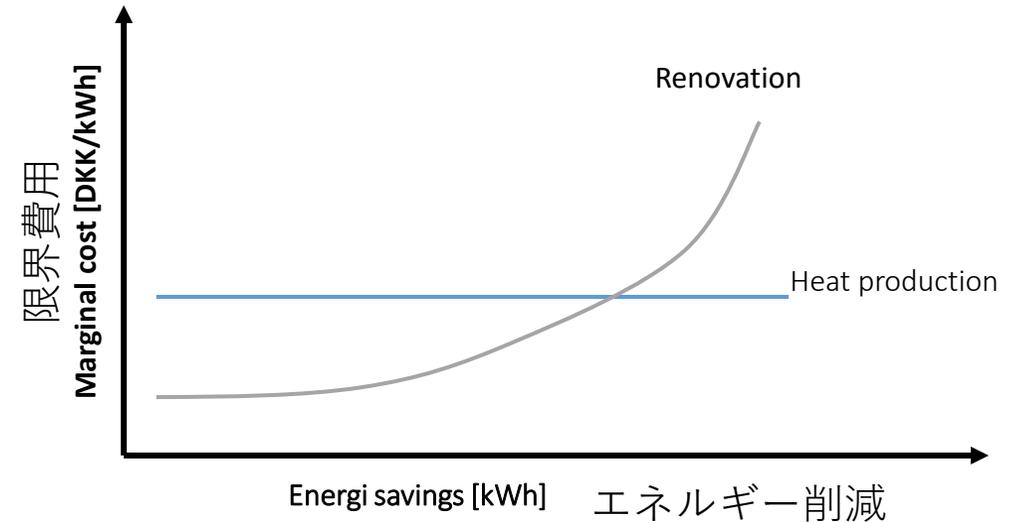
4つの主要なポイント

- **建築物ストックの省エネは重要である。**低コストと低燃費を実現するためには、省エネルギーと再生可能エネルギーのバランスがとれていなければならない。つまり、32～36%の省エネを実現するためには、建物のエネルギー改修に引き続き注力することが重要である。
- 既存の都市部で天然ガスや石油を燃料とする個別ボイラーが段階的に廃止され、新たな都市部ができるとともに、**地域熱供給は熱市場の63～70%までに拡大されるべきである。**地域熱供給エリア外では、太陽熱を利用した個々のヒートポンプで熱を供給する。この組み合わせが、最もエネルギー効率が高く、柔軟な解決策となる。
- 地域熱供給では、**より低温の第4世代地域熱供給への移行に焦点を絞るべきである。**これにより、地中熱、排熱、大型ヒートポンプを最も低コストで効率的に利用することができる。
- 今後の低炭素エネルギーシステムでは、**地熱や産業、データセンター、Power-to-Xからの廃熱を大いに活用できる可能性がある。**こうした潜在的な可能性を活用すべきである。



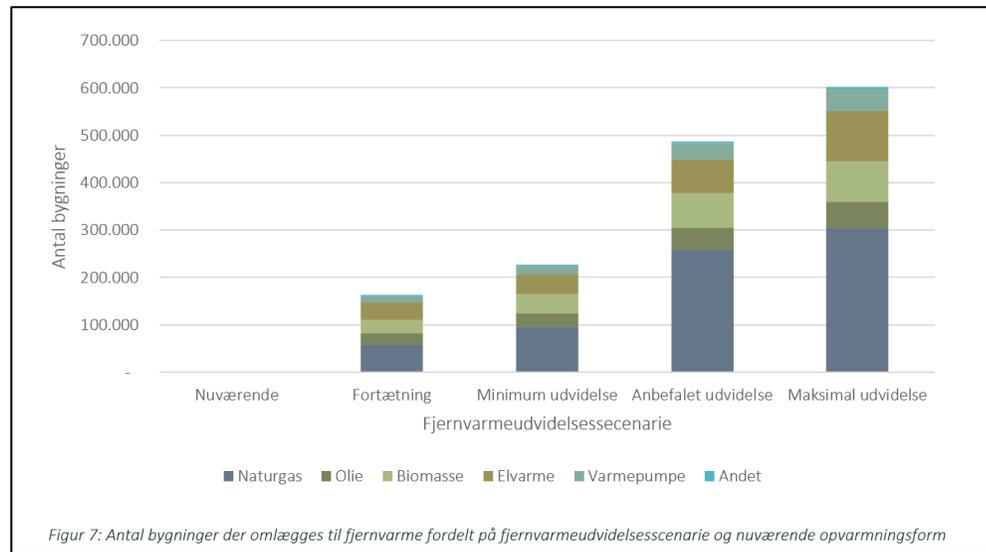
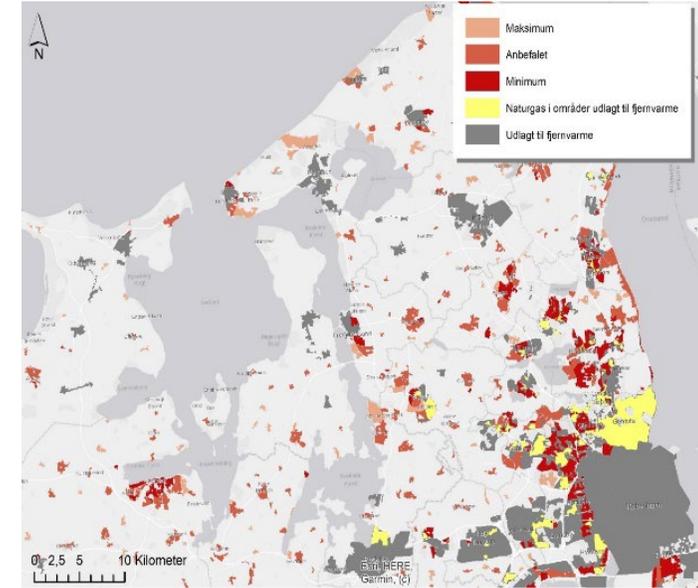
建築物ストックの36~40% の省エネ

- 建築物ストックの省エネは重要
- 省エネとエネルギー効率、再生可能エネルギーの適切なバランスとは。
 - 金融的には、36%でバランス（年間11億~13億デンマーク・クローネの節約）。
 - 熱の省エネを40%にすることで、限界追加費用面でもバイオマスへの負荷を減らすことができる。



地域熱供給を63%～70%に拡大させるべきである

- 現在：地域熱供給に接続されている現在の建物（～50%）
- 高密度化：地域熱供給指定地域の全建物（～59%）
- 最小限の拡張：熱密度15kWh/m²以上の都市部への拡張（～63%）
- **望ましい拡張：熱密度10kWh/m²以上の都市部への拡張（～70%）**
- 最大限の拡張：熱密度5kWh/m²以上の都市部への拡張（～74%）



天然ガスの転換:

- 260,000戸を地域熱供給へ
- 115,000戸をヒートポンプへ

石油ボイラーへの転換:

- 44,000戸を地域熱供給へ
- 70,000戸をヒートポンプへ

バイオマスボイラーへの転換:

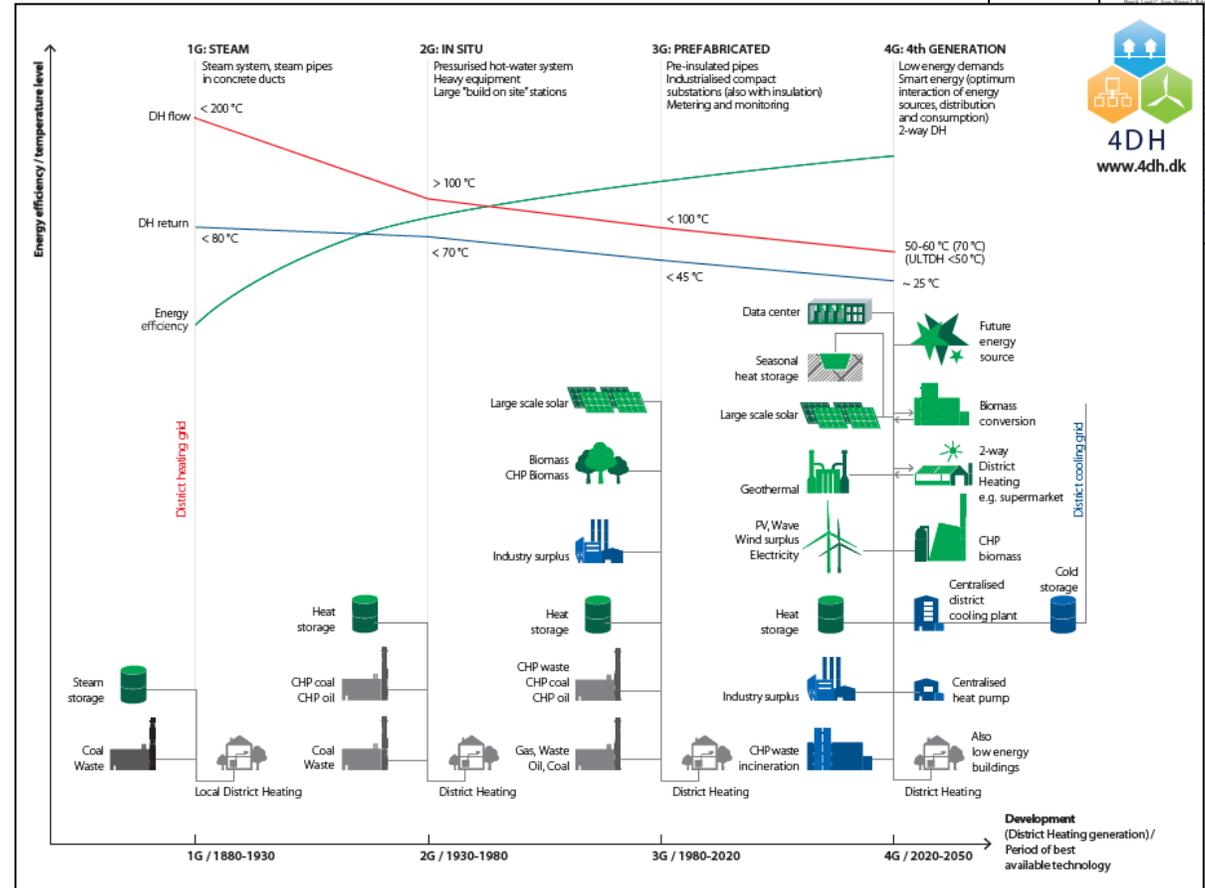
- 74,000戸を地域熱供給へ
- 183,000戸をヒートポンプへ



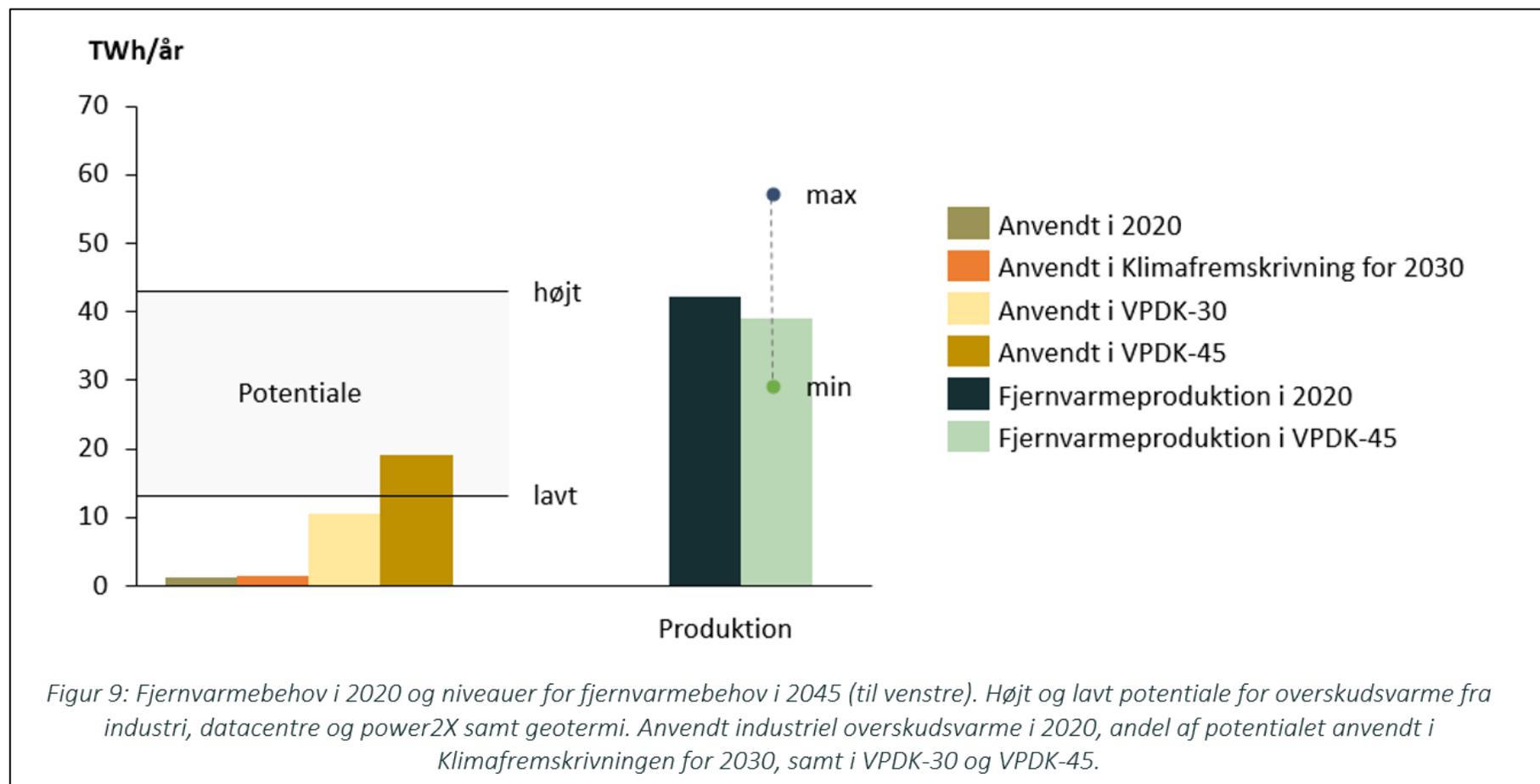
第4世代(低温)地域熱供給

地域熱供給では、低温の第4世代地域熱供給への移行に焦点を絞るべきである。

地熱、廃熱、大型ヒートポンプや既存または新規の蓄熱設備による効率的な電化が、最も低コストかつ効率的に供給できる。

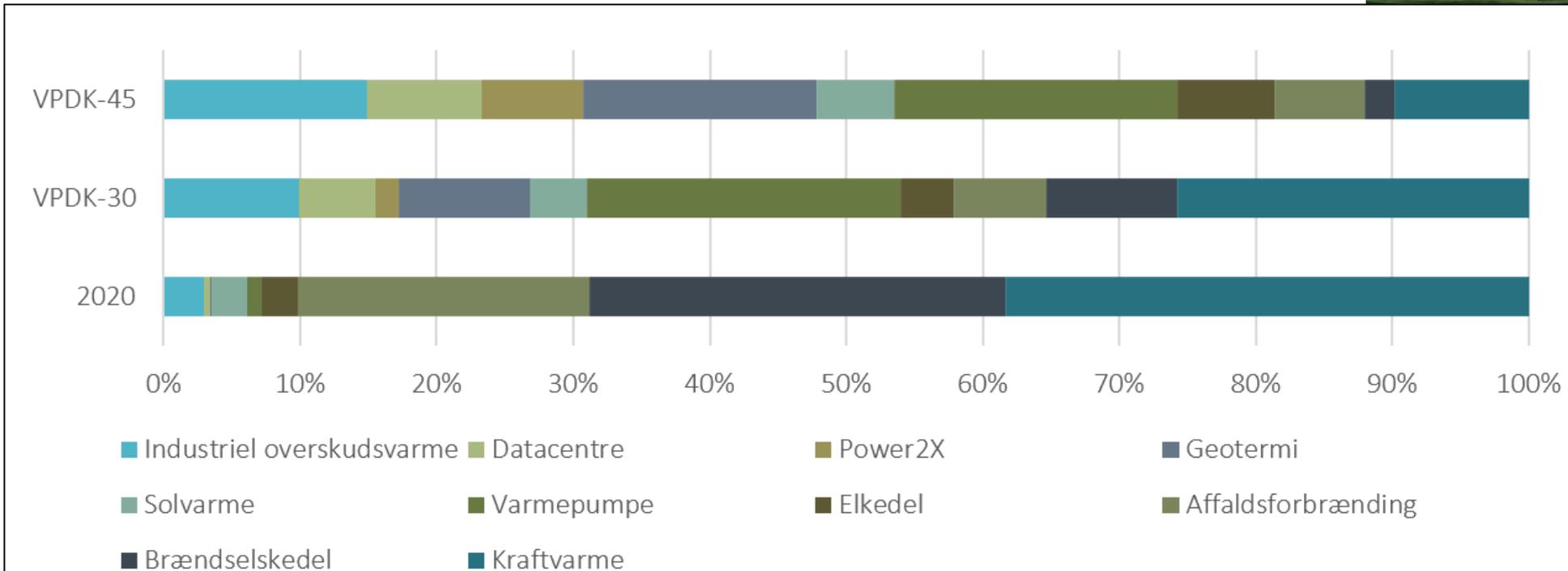
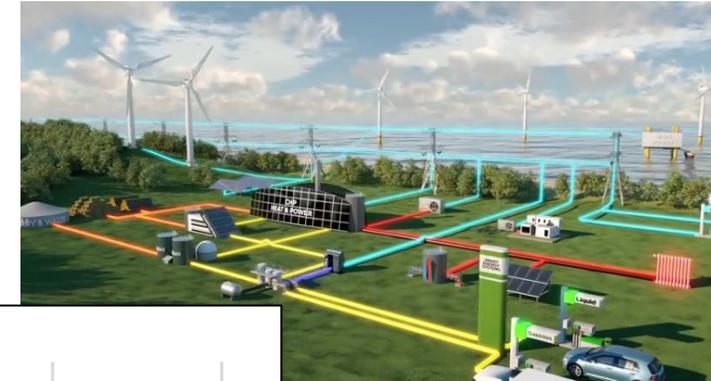


地熱と余剰熱の大きな可能性



今後のエネルギーシステムにおいては、地熱や産業、データセンター、PtXからの排熱が大きな可能性を秘めている。これらを活用していくべきである。

全体的なソリューションの一部 熱セクターの変化



Figur 11: Fordeling af fjernvarmeproduktion i 2020, samt Varmeplan Danmark 2030 og 2045. 2020 tal er simulerede.



熱プラン・デンマーク2021のマップがオンラインで入手可能

Findes på hjemmesiden:

<https://energymaps.plan.aau.dk/>

4種類の地図:

1. 都市部における熱消費
2. 地域熱供給拡大シナリオ
3. 産業廃熱
4. 地域熱供給の「無料」ベースロードマップ

